УДК 004.82+510.22

В.И. Булкин, Н.В. Шаронова
Макеевский экономико-гуманитарный институт, Украина

Формальное представление знаний в продукционных системах

Показано, что на основе универсального языка описания – алгебры предикатов (АП) – можно представлять значения в формульном виде и затем реализовать схемно в виде переключательных цепей.

Введение

Существует несколько определений понятия «знания» в зависимости от того, какая наука занимается его изучением. Разные науки по-разному определяют термин «знания». Однако единое формальное определение этого понятия отсутствует.

Понятие «знания» большинством наук трактуется как интуитивное понятие, точно так же, как понятие множества в математике. Некоторые источники вообще не приводят определение, а сразу перечисляют особенности знаний как формы представления информации в ЭВМ [1]. На самом деле термины «данные», «информация», «знания» многими воспринимаются как синонимы. Долгое время «данные» и «информация» практически отождествлялись и использовались как взаимозаменяемые термины, например, выражение «обработка данных» зачастую означало то же самое, что и «обработка информации».

Последние научные взгляды на данные и информацию дают определение «данных» как «множества зарегистрированных сигналов, составляющих совокупность сведений о заданной предметной области, выраженных в знаковой форме». Сигналы же – это результат взаимодействия между физическими объектами. Например, магнитная запись – это результат взаимодействия между записывающей головкой и магнитным слоем машинного носителя данных. Информация же рассматривается как динамический процесс взаимодействия данных и методов доступа к ним. Данные превращаются в информацию только тогда, когда существует приемник данных, который обладает методом доступа к данным. Так, текстовые данные превращаются в информацию, если человек, например, умеет читать и понимает прочитанное. К сожалению, существуют люди, которые не обладают методом зрительного восприятия (слепые), поэтому текстовые данные для них не могут нести никакой информации. То же относится и к неграмотным людям или людям, читающим текст на иностранном языке, которого они не знают.

Обзор литературы показывает, что нестрогое определение знаний связано прежде всего с тем, что большинство наук, занимающихся изучением знаний или оперирующих этим понятием, используют антропоцентрический подход при определении категории «знания». Так, например, философия рассматривает знание как высшую форму отражения действительности и высшую форму информации, функционирующую в человеческом обществе [2]. В новой «Российской педагогической энциклопедии» (1993 г.) «знания» определяются следующим образом: «*проверенный* *общественно-исторической практикой и удостоверенный логикой результат процесса познания действительности; адекватное ее отражение в сознании человека в виде представлений, понятий, суждений, теорий. Знания фиксируются в форме знаков естественного и искусственного языков*».

Если обратиться к толковым словарям, то одним из определений «знаний» является: «Совокупность ***сведений*** в какой-н. области. *Специалист с хорошими знаниями. Со знанием дела*».

В свою очередь, ***сведения*** – это:

1. мн. Познания в какой-н. области. *Обладать большими сведениями*.

2. обычно мн. Известие, сообщение. Получить *важные сведения. Представить сведения о чём-н.*

3. В нек-рых сочетаниях: знание, представление о чём-н. *Принять к сведению* (узнав, усвоить). *Довести до чьего-н. сведения* (сообщить, уведомить). *Довести что-н. до всеобщего сведения* (сделать известным всем) [3].

Итак, получаем замкнутый круг: знания – это *совокупность* ***сведений***, а сведения – это *познания в какой-н. области* или просто ***знание****, представление о чём-н*.

Приведем еще одно определение знаний. Согласно ГОСТ 2481-94 *знания – это совокупность* ***фактов****, закономерностей, отношений и эвристических правил, отображающая уровень осведомленности о некоторой предметной области* [4].

Факт, в свою очередь, это (от лат. factum – сделанное, совершившееся):

1. В обычном смысле – синоним понятий *«истина», «событие», «результат»*.

2. Знание, достоверность которого доказана.

3. В логике и методологии науки – предложения, фиксирующие эмпирическое знание.

И вновь получили взаимное определение понятий – «*знания – это совокупность* ***фактов»***, а факт – это «***знание****, достоверность которого доказана».*

Приведенные рассуждения говорят о том, что антропоцентрический подход не дает строгого формализованного определения понятия «знания». Практика показывает, что только математика дает возможность формализовать большинство понятий, встречающихся в человеческой деятельности, в том числе и понятие «знания». Теория интеллекта, основанная на использовании теоретико-множественных понятий дискретной математики, предлагает следующее формальное определение понятия «знания». *Знание о факте – это любое отношение, выраженное некоторым высказыванием. Знание о факте ограничивает множество возможных состояний мест пространства. Факт – это исчерпывающая характеристика действительного состояния интересующих нас мест некоторого пространства* [5].

Общая постановка задачи

Рассмотрим подробнее понятие «отношение». Отношения выражают свойства объектов и их взаимосвязи. Отношения являются универсальным средством описания любых объектов. За все время существования науки не было обнаружено ни одного объекта, о котором можно было бы сказать, что его свойства нельзя описать с помощью отношений. Все остальные средства описания свойств объектов не являются универсальными и позволяют описывать лишь ограниченные подмножества множества объектов окружающего мира. Так, например, функциональный анализ позволяет описывать только объекты и процессы, описываемые непрерывными функциями, заданными на множестве действительных чисел, и никоим образом не может быть использован для математического описания естественного языка (ЕЯ).

С использованием отношений можно описывать как непрерывные, так и дискретные процессы, объекты и явления. Естественный язык, который является основой мышления и общения между людьми, представляет собой отношения, зафиксированные в текстах ЕЯ и в звучащей речи. Передача и прием сообщений с помощью естественного языка – это не что иное, как передача и прием отношений.

С математической точки зрения отношение – это подмножество декартового произведения множеств. Отношения задаются на множестве предметов, которое называется универсумом предметов. По определению, предмет в логике – все то, что может находиться в отношении или обладать каким-либо свойством [5].

Пусть U – универсум предметов. Выберем m произвольных непустых, не обязательно различных подмножеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ универсума U. Декартово произведение $S = A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$ множеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ называется предметным пространством S с координатными осями $A_1, A_2, \ldots, A_m$ над универсумом U. Число осей m называется размерностью пространства S.

Введем множество $V = \{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$ предметных переменных пространства S. Назовем это множество универсумом переменных пространства S. Значениями переменной x_i $(i = \overline{1,m})$ являются элементы множества A_i так, что $x_i \in A_i$ ($x_1 \in A_1$, $x_2 \in A_2$, …, $x_m \in A_m$). Множества $A_1, A_2, \ldots, A_m$ являются областями задания переменных $x_1, x_2, \ldots, x_m$. Каждой переменной x_i $(i = \overline{1,m})$ соответствует фиксированная область задания A_i. Универсум V предметных переменных может быть как конечным, так и бесконечным. Переменные $x_1, x_2, \ldots, x_m$ можно интерпретировать как места пространства S, в каждом из которых могут находиться предметы соответствующих множеств предметов $A_1, A_2, \ldots, A_m$. Говорят, что места находятся в определенных состояниях. Примерами мест и их состояний могут быть клетки шахматной доски с расставленными на них фигурами, температура воздуха в различных районах земного шара, состояния ячеек памяти компьютера, образы эталонов знаний в памяти человека и др.

Очевидно, что каждое место в любой момент времени находится в каком-либо состоянии или, что то же самое, содержит какой-либо предмет. Если место x содержит предмет a, то пишут $x = a$. Не может быть, чтобы место не находилось ни в каком состоянии, и не может также быть, чтобы в одном месте располагалось несколько предметов одновременно. Если в определенном месте находится какой-то предмет, то никакой другой предмет в данный момент времени не может там находиться. Так, например, человеческий интеллект не может одновременно оперировать более, чем одной мыслью. Термин «место» понимается в обобщенном смысле. Это не обязательно должна быть точка физического пространства. Если в качестве предметов рассматривать множество $T = \{t_1, t_2, \ldots, t_n\}$ моментов времени, то место – это время t, принимающее соответствующие значения $t_1, t_2, \ldots, t_n$.

Если предметы $a_1 \in A_1, a_2 \in A_2, \ldots, a_m \in A_m$, то пишут: $(a_1, a_2, \ldots, a_m) \in S$. Это значит, что предметный вектор $(a_1, a_2, \ldots, a_m)$ принадлежит пространству $S = A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$. Элементы $a_1, a_2, \ldots, a_m$ вектора $(a_1, a_2, \ldots, a_m)$ называются его компонентами. Пространство S можно рассматривать как множество векторов $x_1, x_2, \ldots, x_m$, каждая компонента которых удовлетворяет условию $x_1 \in A_1$, $x_2 \in A_2$, …, $x_m \in A_m$. Любое подмножество P пространства S называется отношением, заданным на пространстве S. В данном случае отношение имеет размерность m. Говорят, что оно m-местно. Отношения, заданные на одном и том же пространстве S, являются однотипными. Тип отношения задается множеством мест или предметных переменных $V = \{x_1, x_2, \ldots, x_m\}$ и набором подмножеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ универсума предметов U.

Пусть универсум предметов $U = \{a, b, c, d, e, f\}$, универсум мест или предметных переменных $V = \{x_1, x_2\}$, $m = 2$, $A_1 = \{a, b, c, d\}$, $A_2 = \{c, d, e, f\}$. Пространство $S = A_1 \times A_2$ – это множество пар вида (x_1, x_2), удовлетворяющих условию $x_1 \in A_1$, $x_2 \in A_2$. $S = \{(a,c), (a,d), (a,e), (a,f), (b,c), (b,d), (b,e), (b,f), (c,c), (c,d), (c,e), (c,f), (d,c), (d,d), (d,e), (d,f)\}$ Пространство S состоит из 16 двухкомпонентных векторов. Зададим отношение P на пространстве S в виде произвольного подмножества пространства S.

$$P = \{(a, f), (b, d), (c, c), (d, c), (d, d)\}.$$

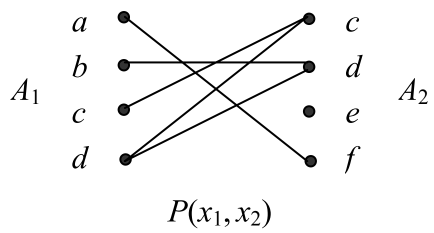
На примере отношения P проинтерпретируем формальное понятие «знание», приведенное выше. При задании отношения P определяются два места: x_1 и x_2. Известно, что место x_1 может находиться только в состояниях a, b, c и d. Место x_2 в свою очередь может находиться только в состояниях c, d, e и f. Предположим, что наблюдателю истинное состояние мест x_1 и x_2 неизвестно. Объективно же факт характеризуется парой (d, c). В этом случае наблюдателю приходится довольствоваться знанием о факте, которое говорит о том, что пара (d, c), характеризующая факт, принадлежит отношению P ($(d, c) \in P = \{(a, f), (b, d), (c, c), (d, c), (d, d)\}$). Таким образом, знание о факте ограничивает множество возможных фактов с 16 до 5. Используя это знание о факте, можно сделать вывод, что пара состояний (факт) (d, c) не принадлежит множеству состояний (фактов)

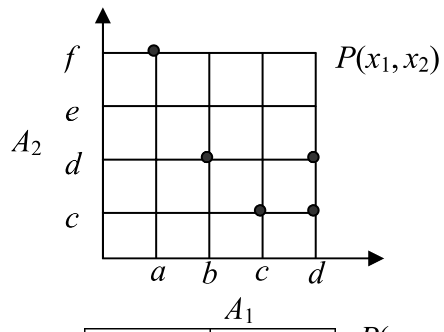
$$\{(a, c), (a, d), (a, e), (b, c), (b, e), (b, f), (c, d), (c, e), (c, f), (d, e), (d, f)\}.$$

Высказывание (знание) о факте может быть истинным или ложным.

Высказывание является истинным, если характеризующее его отношение содержит набор состояний мест, соответствующий данному факту, и ложно в противном случае.

Например, если факт представляет собой пару состояний мест (d, c), то высказывание, соответствующее отношению P, является истинным, поскольку $(d, c) \in \{(a, f), (b, d), (c, c), (d, c), (d, d)\}$. Высказывание, соответствующее отношению $\{(c, e), (c, f), (d, e), (d, f)\}$, является ложным, так как $(d, c) \notin \{(c, e), (c, f), (d, e), (d, f)\}$.





A_2

$x_1 \backslash x_2$		c	d	e	f
A_1	a	0	0	0	1
	b	0	1	0	0
	c	1	0	0	0
	d	1	1	0	0

$P(x_1, x_2)$

$P(x_1, x_2)$

x_1	x_2
a	f
b	d
c	c
d	c
d	d

Рисунок 1 – Примеры различных способов представления отношения P

Высказывание, соответствующее пустому отношению, является противоречивым, так как невозможно, чтобы места $x_1, x_2, \ldots, x_m$ не находились ни в каком состоянии.

Высказывание, соответствующее полному отношению S, является бессодержательным, так как никак не ограничивает множество состояний мест и ничего нового о факте (конкретном наборе состояний мест) не содержит.

Итак, знания можно интерпретировать как отношения. Сами же отношения можно представлять разными способами. Бинарные отношения, например, можно представить в виде множества пар состояний мест, в виде двудольных графов, в виде графиков и таблиц.

Примеры различных способов представления отношения $P = \{(a, f), (b, d), (c, c), (d, c), (d, d)\}$ показаны на рис. 1.

Следует заметить, что любое m-местное отношение можно представить в виде совокупности бинарных отношений, если произвести так называемую бинаризацию отношения. Бинаризация отношений широко используется при работе с реляционными базами данных, когда исходное отношение, представленное в виде двумерной таблицы, разбивается на ряд простейших таблиц, включающих в свой состав два поля – ключевое поле и каждое из оставшихся полей исходной таблицы в комбинации с ключевым.

Однако перечисленные выше методы описания отношений не позволяют использовать формулы для их представления. Формульное описание, как показывает все развитие науки, позволяет создавать математические модели, которые не только присваивают имена объектам, но и отражают их глубинную сущность. Используя формулы, можно прогнозировать поведение объектов и рассчитывать их параметры. Как известно из математики, формульному описанию поддаются только функции. Функции – это однозначные отображения. Функция – это частный случай отношения, когда каждому элементу множества A ставится в соответствие единственный элемент множества B.

Формально функцию можно определить следующим образом. Отношение $R \subset A \times B$ называется функцией, если для любых $x \in A$ и $y_1, y_2 \in B$ таких, что $(x, y_1) \in R$ и $(x, y_2) \in R$, следует, что $y_1 = y_2$. Функции обозначаются буквами f, g, h, … Из определения функции следует, что не существует более одного элемента $y \in B$ такого, что $x\,f\,y$. Это значит, что элемент $y \in B$ определяется функцией f однозначно. Его называют значением функции f для аргумента x и обозначают $f(x)$.

Отношения – это объекты более общей природы. Отношения можно считать многозначными функциями, которые в формульном виде представить невозможно. Где же выход из создавшегося положения? Оказывается, выход есть и он заключается в том, что для решения одной задачи можно перейти к решению другой задачи, используя для этого метод взаимно однозначной подстановки. Так, если каждому отношению поставить в соответствие высказывание, а высказывание представить в виде функции, принимающей значение «истина» или «ложь», то любому отношению можно поставить во взаимно однозначное соответствие предикат, который с математической точки зрения представляет собой функцию, отображающую декартово произведение $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$ множеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ в множество $\Sigma = \{0, 1\}$, где символы 1 и 0 – это логические константы «истина» и «ложь». Дадим формальное определение предиката. Предикатом, заданным на декартовом произведении

$A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$ множеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ называется всякая функция $\mathrm{P}(x_1, x_2, \ldots, x_m) = \eta$, отображающая декартово произведение $A_1 \times A_2 \times \ldots \times A_m$ множеств $A_1, A_2, \ldots, A_m$ в множество $\Sigma = \{0, 1\}$, где символы 1 и 0 – это булевы элементы, а множество $\Sigma = \{0, 1\}$ называется множеством булевых элементов. Переменная $\eta \in \{0, 1\}$, являющаяся значением предиката Р, называется булевой переменной. Предикат Р, в отличие от соответствующего ему отношения *P,* это функция, которую можно представить в формульном виде. Между предикатами и отношениями существует взаимно однозначное соответствие. Переход от предикатов к отношениям и обратно осуществляется по следующим правилам.

Пусть L – множество всех отношений на пространстве S, M – множество всех предикатов на S. Отношение $P \in L$ и предикат $\mathrm{P} \in M$ называются соответствующими друг другу, если для всех $x_1 \in A_1$, $x_2 \in A_2$, …, $x_m \in A_m$

$$\mathrm{P}(x_1, x_2, \ldots, x_m) = \begin{cases} 1, \ \textit{если}\,(x_1, x_2, \ldots, x_m) \in P \\ 0, \ \textit{если}\,(x_1, x_2, \ldots, x_m) \notin P. \end{cases} \tag{1}$$

Зная отношение P, можно всегда отыскать значения предиката Р в виде таблицы его значений. Зная значение предиката Р, можно осуществить обратный переход от предиката к отношению P.

$$\begin{aligned} &\textit{Если } \mathrm{P}(x_1, x_2, \ldots, x_m) = 1, \textit{ то } (x_1, x_2, \ldots, x_m) \in P; \\ &\textit{если } \mathrm{P}(x_1, x_2, \ldots, x_m) = 0, \textit{ то } (x_1, x_2, \ldots, x_m) \notin P. \end{aligned} \tag{2}$$

Правила перехода от отношения к предикату и наоборот устанавливают взаимно однозначное соответствие между всеми отношениями множества L и всеми предикатами множества M. Множество всех векторов, которые удовлетворяют уравнению $\mathrm{P}(x_1, x_2, \ldots, x_m) = 1$, представляют собой отношение P, которое называется областью истинности предиката Р. Предикат $\mathrm{P} \in M$, определяющийся по правилу (1), называется характеристической функцией отношения $P \in L$.

Для формульного представления предикатов будем использовать базисные предикаты и базисные операции. В качестве базисных предикатов используем предикаты 0 и 1 и предикаты узнавания предметов.

Предикат узнавания предмета a по переменной $x_i\,(i = \overline{1, m},\ a \in A_i)$ записывается в виде x_i^a. Предикат x_i^a сравнивает произвольно выбранный предмет $x_i \in A_i$ с предметом a. Если $x_i = a$, то предикат сигнализирует об этом значением $x_i^a = a^a = 1$. Если $x_i = b$ ($b \neq a$), то предикат принимает значение $x_i^b = b^a = 0$. Следовательно, базисный предикат узнавания предмета можно определить следующим образом:

$$x_i^a = \begin{cases} 1, \ \textit{если}\, x_i = a, \\ 0, \ \textit{если}\, x_i \neq a. \end{cases} \tag{3}$$

Символ a, который стоит в показателе записи базисного предиката x_i^a, называется характеристикой предиката узнавания предмета. Предмет a и индекс i полностью определяют предикат узнавания предмета x_i^a. В качестве базисных операций для записи формул используем операции конъюнкции ($\wedge$), дизъюнкции ($\vee$)

и отрицания (¬). Множество базисных предикатов и заданных над ними базисных операций представляют собой алгебру предикатов (АП).

На языке алгебры предикатов можно записать любое отношение. Отдельный факт, представленный набором (a_1, a_2, …, a_m) предметов a_1, a_2, …, a_m, которые находятся на местах x_1, x_2, …, x_m, можно записать в виде высказывания «$x_1 = a_1$ и $x_2 = a_2$ и … и $x_m = a_m$», которому соответствует формула АП $x_1^{a_1} x_2^{a_2} ... x_m^{a_m}$. Выражения такого типа называются конституентами единицы предиката.

Произвольное знание о факте можно задать отношением $R = \{(a_{11}, a_{21}, …, a_{m1}), (a_{12}, a_{22}, …, a_{m2}), …, (a_{1k}, a_{2k}, …, a_{mk})\}$, где k – количество наборов в отношении R. Это знание выражается высказыванием «($x_1 = a_{11}$ и $x_2 = a_{21}$ и … и $x_m = a_{m1}$) или ($x_1 = a_{12}$ и $x_2 = a_{22}$ и … и $x_m = a_{m2}$) или … или ($x_1 = a_{1k}$ и $x_2 = a_{2k}$ и … и $x_m = a_{mk}$)».

На языке алгебры предикатов это знание запишется в виде формулы $x_1^{a_{11}} x_2^{a_{21}} ... x_m^{a_{\text{ь}1}} \vee x_1^{a_{12}} x_2^{a_{22}} ... x_m^{a_{\text{ь}2}} \vee ... \vee x_1^{a_{1k}} x_2^{a_{2k}} ... x_m^{a_{\text{ь}k}}$, которая называется совершенной дизъюнктивной нормальной формой (СДНФ) предиката. Как видим, на языке алгебры предикатов можно записать любое знание о произвольном факте.

Решение поставленной задачи связано с поиском единого формального подхода и выбором языка описания знаний. В настоящее время разработано несколько моделей представления знаний. Основные из них – это:

– логические модели;
– семантические сети;
– продукционные модели;
– фреймовые модели, или фреймы.

Логические модели формально могут быть представлены набором <*T*, *P*, *A*, *B*>. Множество *T* – это множество базовых элементов, например, слов ограниченного словаря. Множество *P* – это множество синтаксических правил, по которым из базовых элементов, принадлежащих множеству *T*, получают синтаксически правильные совокупности. *A* – это множество аксиом, которое является некоторым подмножеством синтаксически правильных совокупностей. *B* – это множество правил логического вывода, с помощью которых на основе множества аксиом получают множество новых синтаксически правильных совокупностей, к которым, в свою очередь, могут быть применены правила из *B* для получения следующего множества синтаксически правильных совокупностей.

Таким образом формируется множество выводимых синтаксически правильных совокупностей. Для логических моделей основой базы знаний являются элементы множества *A*, на основе которых получают множество произвольных выводимых знаний. Это позволяет в базе знаний хранить только множество *A* – аксиом, а все остальные знания генерировать на основе правил вывода из множества *B*.

Семантические сети, или сетевые модели, формально задаются следующим образом:

$$H = <I, C_1, C_2, …, C_n, Г>,$$

где *I* – множество информационных единиц, C_1, C_2, …, C_n – множества типов связей между информационными единицами. Отображение *Г* задает множество связей между информационными единицами. Сетевые модели подразделяются на классифицирующие сети, функциональные сети и сценарии.

Классифицирующие сети устанавливают иерархические связи между информационными единицами. Функциональные сети характеризуются функциональными отношениями и осуществляют «вычислительные» операции для получения одних информационных единиц на основе других. Сценарии используют каузальные отношения.

Продукционные модели являются наиболее популярными средствами представления знаний в интеллектуальных информационных системах. Формально любую продукцию можно представить в следующем виде:

$$(i)Q,\, P,\;\; A \Rightarrow B,\, N.$$

Здесь i – имя продукции, с помощью которого каждая продукция выделяется из всего множества продукций, Q – сфера применения продукции, например, «приобретение товара». $A \Rightarrow B$ – это ядро продукции, которое может означать либо логическое следование B из A, либо условие выполнения B при выполнимости A. N – это постусловие продукции, которое актуализируется, если ядро продукции выполняется. Это может быть изменение в базе данных после продажи какого-либо товара. Обычно ядро продукции читается так: ЕСЛИ A, ТО B, или с альтернативным выбором: ЕСЛИ A, ТО B_1, ИНАЧЕ B_2. Могут встречаться и более сложные виды ядер продукций с использованием логических функций И, ИЛИ, НЕ, а также недетерминированные продукции, когда выполнение условия A влечет необязательное выполнение B. Например, ЕСЛИ A, ТО ВОЗМОЖНО B. Возможность выполнения B может быть задана с некоторой вероятностью p. Например, ЕСЛИ A, ТО С ВЕРОЯТНОСТЬЮ p РЕАЛИЗОВАТЬ B.

Фреймовые модели

В фреймовых моделях используются жесткие структуры информационных единиц, которые получили название протофреймы. В общем виде протофрейм представляется следующим образом:

Имя фрейма
имя слота 1 (*значение слота* 1)
имя слота 2 (*значение слота* 2)
…
имя слота N (*значение слота N*).

При переходе к конкретному фрейму его имени и именам слотов присваиваются конкретные значения, а сами слоты заполняются соответствующими значениями слотов. При этом получается фрейм-экземпляр. Фреймовые модели имеют очень много общего с сетевыми моделями и поэтому они считаются разновидностью сетевых моделей.

Анализ различных моделей представления знаний показывает, что у этих моделей есть много общего. Так, логические и продукционные модели могут описываться с помощью предикатов. В семантических сетях дуги, связывающие между собой сущности, можно также заменить предикатами. Таким образом, предикаты можно использовать в качестве единого формализма представления знаний. Покажем на примере продукционных моделей возможность описания любых моделей представления знаний с помощью алгебры предикатов, которая является универсальным языком формального описания отношений, с помощью которых, в свою очередь, можно формально описать любые знания о фактах окружающей действительности.

Каждая продукционная система состоит из базы правил, предпосылок и механизма вывода. Пусть имеется некоторая база правил.

Правило 1. ЕСЛИ «намерение – пойти в театр» и «места – на балконе», ТО «средство просмотра – театральный бинокль».

Правило 2. ЕСЛИ «цена билетов – низкая», ТО «места – на балконе».

Предпосылки. «Намерение – пойти в театр» и «цена билетов – низкая».

Механизм вывода. В нашем случае необходимо ответить на вопрос «что использовать для просмотра спектакля?», если при намерении пойти в театр приобретены билеты по низкой цене. Для человека не составит труда сделать вывод, что необходимо использовать театральный бинокль. Посмотрим, как работает продукционная система. Для ответа на поставленный вопрос ей необходимо будет решить систему логических уравнений.

Введем предметные переменные:

x_1 – «намерение» со значением a_1 – «пойти в театр»;

x_2 – «места» со значением a_2 – «на балконе»;

x_3 – «средство просмотра» со значением a_3 – «театральный бинокль»;

x_4 – «цена билетов» со значением a_4 – «низкая».

Тогда базисные предикаты узнавания предметов будут иметь вид:

$x_1^{a_1}$ – «намерение – пойти в театр»;

$x_2^{a_2}$ – «места на балконе»;

$x_3^{a_3}$ – «средство просмотра – театральный бинокль»;

$x_4^{a_4}$ – «цена билетов низкая».

База правил на языке алгебры предикатов будет выглядеть следующим образом:

Правило 1. $x_1^{a_1}\ x_2^{a_2} \supset x_3^{a_3}$.

Правило 2. $x_4^{a_4} \supset x_2^{a_2}$.

Предпосылки – $x_1^{a_1} = 1,\ x_4^{a_4} = 1.$

Определить значение x_3.

$$x_3 = ?$$

Работа механизма вывода. Подставляем предпосылки в базу правил. Предпосылку $x_1^{a_1} = 1$ подставляем в правило 1.

$$1 \cdot x_2^{a_2} \supset x_3^{a_3} \to x_2^{a_2} \supset x_3^{a_3}.$$

Предпосылку $x_4^{a_4} = 1$ подставляем в правило 2.

$$1 \supset x_2^{a_2} \to x_2^{a_2} = 1.$$

Снова подставляем значение $x_2^{a_2} = 1$ в правило 1 и получаем

$$1 \supset x_3^{a_3} \to x_3^{a_3} = 1 \to x_3 = a_3.$$

Система получила заключение $x_3 = a_3$ – «использовать театральный бинокль». В результате решения системы логических уравнений, записанных на языке алгебры предикатов, за несколько шагов продукционная система получила требуемый ответ. В данном случае механизм вывода работает последовательно, используя некий алгоритм решения логических уравнений АП. На основе этого алгоритма составляется программа и результат решения задачи получается программным путем. Известно, что программы реализуют только один тип отношений – функциональные. Отношения же произвольного типа можно реализовать аппаратными средствами, представляя уравнения алгебры предикатов в виде многополюсника, сигналы на который можно подавать на любые полюса и снимать также с любых оставшихся полюсов. Представим уравнения АП, описывающие продукционную систему схемно, в виде переключательной цепи (рис. 2) [6].

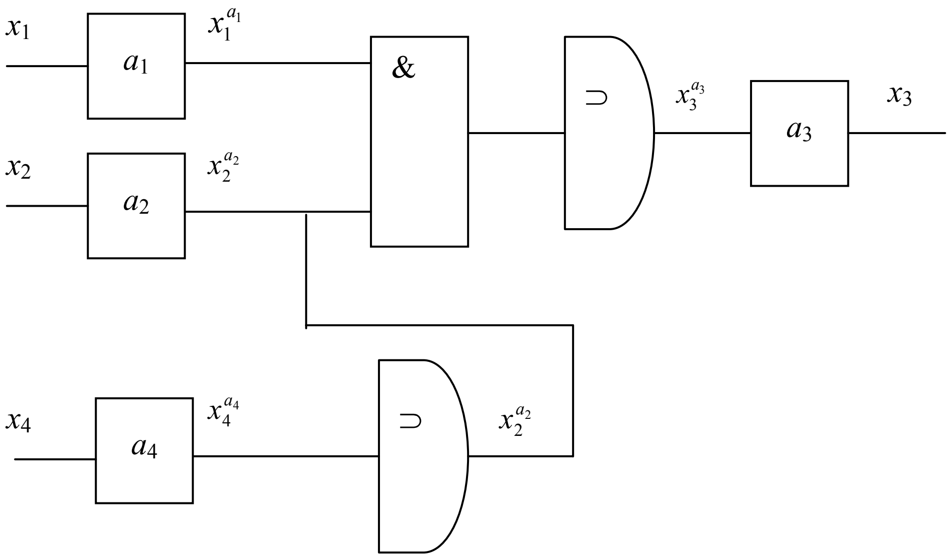


Рисунок 2 – Продукционная схема в виде переключательной цепи

Схема (рис. 2) работает следующим образом. Если на ее входы подать сигналы $x_1^{a_1} = 1$ и $x_4^{a_4} = 1$, то на выходе цепи за один такт сформируется сигнал $x_3^{a_3} = 1$ и соответственно $x_3 = a_3$. Если на выход цепи подать сигнал $x_3 = a_3$, то на входах цепи сформируются сигналы $x_1^{a_1} = 1$ и $x_2^{a_2} = 1$ и $x_4^{a_4} = 1$, и таким образом будет осуществлена операция обратного вывода – ЕСЛИ «используется театральный бинокль», ТО «намерение – пойти в театр» И «места на балконе» И «цена билетов низкая».

Заключение

Таким образом, используя универсальный язык описания знаний – алгебру предикатов, можно представлять знания в формульном виде с помощью уравнений АП, которые, в свою очередь, можно реализовать схемно в виде переключательных цепей.

Переключательные цепи – это средство аппаратной реализации отношений произвольного типа, дающие возможность получать значения любых переменных в зависимости от распределения сигналов между полюсами цепи. В частности, для продукционной системы многополюсник на основе переключательной цепи может решать задачи и прямого и обратного вывода в зависимости от того, на какие его полюса подаются сигналы.

Для решения задачи обратного вывода алгоритмическим путем необходимо создать алгоритм обратного вывода и написать программу на основе этого алгоритма. Кроме того, получение вывода с помощью многополюсника осуществляется всего за один такт работы цепи, а алгоритмическим путем – за несколько шагов подстановки. Это говорит о преимуществе использования переключательных цепей перед алгоритмическими методами решения задач логического вывода.

Схемы, разработанные на основе уравнений алгебры предикатов, могут быть использованы при создании систем параллельной обработки информации и входить в состав активно разрабатываемых в последнее время так называемых мозгоподобных ЭВМ (brainlike computers). Эти компьютеры осуществляют обработку информации, используя принципы, подобные принципам функционирования человеческого мозга, где обработка данных осуществляется параллельно большими ансамблями нейронов, связанных между собой в единое целое, которое составляет основу человеческого интеллекта. Разработка мозгоподобных ЭВМ может стать основой создания машинного интеллекта в виде интеллектуальных компьютерных систем нового поколения.

Литература

1. Искусственный интеллект: В 3 кн. / Радио и связь. – М., 1990. – Кн. 2: Модели и методы / Под ред. Д.А. Поспелова. – 304 с.
2. Введение в философию: Учебник для вузов: В 2 ч. – М.: Политиздат, 1990. – Ч. 2. – 639 с.
3. Толковый словарь русского языка С.И. Ожегова и Н.Ю. Шведовой. БОЛЬШАЯ ЭНЦИКЛОПЕДИЯ КИРИЛЛА И МЕФОДИЯ 2002™. – «Кирилл и Мефодий», 1996.
4. ДСТУ 2481-94. Системи оброблення інформації. Інтелектуальні інформаційні технології. Терміни та визначення. – Держстандарт України. – К., 1994.
5. Бондаренко М.Ф., Дудар З.В., Ефимова И.А., Лещинский В.А., Шабанов-Кушнаренко С.Ю. О мозгоподобных ЭВМ // Радиоэлектроника и информатика. – 2004. – № 2.
6. Шабанов-Кушнаренко Ю.П. Теория интеллекта. – Харьков: Вища школа, 1984. – 440 с.

В.І. Булкин, Н.В. Шаронова

Формальне представлення знань у продукційних системах

Показано, що на основі універсальної мови опису – алгебри предикатів (АП) – можна представляти значення у формульному вигляді і потім реалізувати схемно у вигляді перемикальних ланцюгів.

Статья поступила в редакцию 20.07.2005.